استخراج انتخابی مس از نیکل با D2EHPA در حضور افزودنی‌های اسید تارتاریک و استات سدیم*

مهدی ایران‌نژاد [۱] حسین کامران‌حقیقی [۲] زینب نصیرپور [۳]

چکیده

در این تحقیق استخراج انتخابی مس از نیکل در حضور افزودنی‌هایی مانند اسید تارتاریک و استات سدیم با D2EHPA مطالعه شد. برای بررسی رفتار کربوکسیلات‌ها بر جدایش مس از نیکل پارامترهای pH، غلظت کربوکسیلات‌ها و زمان بررسی شد. طبق نتایج بدست آمده، ، با افزودن ۰/۰۴ گرم بر لیتر استات سدیم و ۰/۰۳ گرم بر لیتر اسید تارتاریک در زمان ۱۰ دقیقه و در pH= ۵/۱۲، ۹۰٪ مس و ۲۰٪ نیکل استخراج می‌شود. فاکتور جدایش در این حالت به بیشترین مقدار یعنی ۲۵/۷۵ رسید. بنابراین، اختلاط اسید تارتاریک و استات سدیم، موجب استخراج انتخابی مس گردید.

واژه‌های کلیدی استخراج حلالی، کربوکسیلات، جدایش، مس، نیکل.

Selective Extraction of Copper from Nickel by D2EHPA in the Presence of Tartaric Acid and Sodium Acetate Additives

M. Irannajad H. Kamran Haghighi Zeinab Nasirpour

Abstract

In this study, solvent extraction of copper from nickel in the presence of tartaric acid and sodium acetate with D2EHPA was studied. To investigate the behavior of carboxylates, parameters such as pH, carboxylate concentration and time were varied. According to the results, with the addition of 0.04 and 0.03 g/L of tartaric acid, and sodium acetate, pH of 5.12, and time of 10 min, 90% and 20% copper and nickel were extracted, respectively. At this condition, the separation factor reached a maximum value of 25.75. Therefore, the mixture of tartaric acid and sodium acetate resulted in the selective extraction of copper.

Key words Solvent extraction; Carboxylates, Separation; Nickel; Copper.

---

* نسخهٔ نخست مقاله در تاریخ ۹۵/۳/۲۸ و نسخهٔ پایانی آن در تاریخ ۹۸/۳/۲۹ به دفتر نشریه رسیده است.

(۱) مسئول مکاتبات: دانشیار، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

Email: iranajad@aut.ac.ir

(۲) فارغ التحصیل دکتری، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

(۳) کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

DOI: 10.22067/ma.v30i2.56838

مقدمه

فرآیند استخراج حلالی یکی از مهم‌ترین فرآیندهای جدایش در هیدرومتالورژی است. استخراج حلالی در سال ۱۹۴۲ در پروژه منهتن برای بازیابی اورانیوم، با استفاده از اتر آغاز شد، اما اتر پس از مدتی با تری بوتیل فسفات جایگزین شد. پس از آن در سال ۱۹۵۰، برای استخراج اورانیوم از محلول اسید سولفوریک از استخراج کننده‌هایی مانند آلکیل آمین و D2EHPA استفاده شد. بنابراین استخراج‌کننده‌های بر پایه ترکیبات حاوی فسفروس در اولین فرآیندهای صنعتی استخراج حلالی مورد استفاده قرار گرفته‌اند[1].

در مقایسه با مس، درصد نیکلی که در جهان با استفاده از استخراج حلالی بازیابی می‌شود، نسبتاً کم است. در خصوص کنسانتره‌های سولفید نیکل معمولاً روش پیرومتالورژیکی استفاده می‌شده، ولی در سال‌های اخیر فعالیت‌های زیادی برای توسعه روش‌های هیدرومتالورژیکی برای هر دو کنسانتره سولفیدی و لاتریتی توسعه داده شده است[2]. برخلاف استخراج حلالی مس که برای آنها یک نوع استخراج‌کننده استفاده می‌شود، برای نیکل انواع استخراج‌کننده‌ها بکار می‌رود[3].

حلال‌های بسیاری برای استخراج فلزات در فرآیندهای هیدرومتالورژیکی ارائه شده است. در میان آنها استخراج کننده‌های بر پایه ارگانوفسفروس، استخراج کننده‌های اکسیم و استخراج‌کننده‌های سیانکس برای استخراج نیکل و مس از محلول اسیدی و قلیایی استفاده شده است[4]. استخراج‌کننده‌های ارگانوفسفروس (D2EHPA، سیانکس ۲۷۲ یا سایر اکی والان‌های آن، PC-88A) به طور گسترده برای استخراج نیکل استفاده شده‌اند[5]. تحقیقات مختلفی برای استخراج و جدایش همزمان مس و نیکل انجام شده است و معمولاً اکسیم‌ها برای استخراج این فلزات استفاده می‌شوند؛ اگر چه بتا-دی‌کتون نیز در برخی از مطالعات استفاده می‌شود [6] . برای جدایش مس، نیکل و کبالت بیشتر اوقات از استخراج کننده‌های بر پایه ارگانوفسفروس و اکسیم‌ها استفاده می‌شود[7]. برخی مطالعات مربوط به استخراج مس و نیکل در جدول (۱) ارائه شده است.

D2EHPA یکی از استخراج‌کننده‌های ارزان قیمت و پر کاربرد در صنعت استخراج حلالی است. این استخراج‌کننده مس و نیکل را در شرایطی تقریباً نزدیک به هم و همزمان جذب می‌کند؛ لذا برای استفاده از روش استخراج حلالی با استفاده از حلال آلی D2EHPA، برای محلولی که حاوی یون‌های مس و نیکل است، یا باید یکی از دو یون توسط روش‌های دیگر شیمیایی از محلول جدا شود و یا توسط بهبود دهنده‌ها بتوان فاصله بین منحنی‌های استخراج را افزایش داد. در این پژوهش هدف از استفاده از کربوکسیلات‌ها بکارگیری روش دوم بوده است. اثر یون استات و نقش رقیق‌کننده روی استخراج مس و نیکل با استخراج کننده‌های مختلف مطالعه شده است. استخراج مس با استفاده از D2EHPA در حضور استات، در سال ۲۰۰۷ مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش ضریب توزیع مس به دلیل مکانیزم‌های مختلف استخراج و ساختار کمپلکس در فاز آلی، به‌طور معنا داری به غلظت یون‌های استات و pH بستگی داشت. ضریب توزیع با افزایش غلظت استات و pH، افزایش و سپس کاهش یافت. همچنین ضریب توزیع با افزایش دما و غلظت D2EHPA، افزایش و با افزایش غلظت اولیه مس کاهش یافت. بنابراین در pH اولیه ٤/٤٤ و غلظت یون استات $۰/۱۸\ mL^{-1}$ بیشترین ضریب توزیع مشاهده شد. نتایج نشان داد که یون استات کارایی استخراج را به‌طور زیادی بهبود می‌بخشد. مکانیزم استخراجی پیشنهادی در این تحقیقی بصورت معادله (۱) پیشنهاد شد [۱۱]:

$$Cu^{2+} + CH_3COO^- + H_2R_2 \rightarrow CuCH_3COO.(HR_2) + H^+ \quad (۱)$$

طبق نتایج، اضافه کردن لیگاندهایی مانند استات به فاز آبی، به علت ظرفیت بافری آنها، کارایی استخراج را بهبود می‌بخشد[12]. اثر سدیم استات روی سینتیک استخراج کبالت و روی با D2EHPA (رقیق شده در n-dodecane) مورد بررسی قرار گرفته است. در حضور یون استات سرعت و درصد بازیابی استخراج مس بالاتر بوده است[13]. همچنین، نقش یون استات در تشکیل کمپلکس، بوسیله مطالعه مادون

قرمز و طیف های جذبی کمپلکس های آلی-فلزی بررسی شد. طیف بدست آمده نشان داد که یون استات در تشکیل کمپلکس دخالت نمی‌کند، بلکه فقط بعنوان یک معرف بافری عمل می‌کند[11].

در سال ۲۰۱۲ اثر یون استات در حضور سیانکس ۲۷۲ بر استخراج مس، نیکل و روی بررسی شد. سیانکس ۲۷۲ یک استخراج کننده اسیدی است؛ آزاد شدن یون هیدروژن در فاز آبی در طول استخراج موجب کاهش کارایی استخراج می‌شود. بنابراین برای ایجاد محیط بافری و همچنین برای جلوگیری از کاهش کارایی استخراج، یون استات به فاز آبی افزوده شد.

طبق سوابق تحقیق، یون استات تنها برای بهبود استخراج مس توسط D2EHPA استفاده شده و اثر آن در جدایش مس از نیکل بررسی نشده است؛ لذا این تحقیق از این جنبه دارای نوآوری است. در این تحقیق ابتدا شرایط بهینه استفاده از استات سدیم برای حداکثر استخراج مس توسط D2EHPA بررسی شد. سپس، استخراج رقابتی مس و نیکل در حضور دو کربوکسیلات مختلف یعنی اسید تارتاریک و استات سدیم با D2EHPA مطالعه شد. هدف از افزودن این دو کربوکسیلات، بهبود استخراج انتخابی مس در مقابل نیکل بود. برای بررسی رفتار این مواد افزودنی، پارامترهای مؤثر نظیر pH، غلظت کربوکسیلات‌ها و زمان همزدن مورد بررسی قرار گرفتند. نهایتا بهترین ترکیب مواد کربوکسیلاته در جدایش انتخابی مس از محلول انتخاب شد.

جدول ۱ استخراج مس و نیکل با استفاده از استخراج کننده‌های مختلف

استخراج کننده	رقیق کننده	ملاحظات	منابع
لیکس۸٤ Na-Cyanex272	کروزن	گونه های استخراج شده : استخراج مس با لیکس بصورت CuA_2 (%E=۸٤٪) استخراج نیکل با سیانکس $MR_2.3HR$ (%E=٦۰٪)	[۷]
لیکس۸٤- سیانکس۲۷۲	کروزن	۹۹/۹۹٪ مس و ۰/۰۵۹٪ نیکل توسط لیکس با غلظت ۲۵٪ استخراج شدند. ۹۸/۰۵٪ مس و ۰/۵۱٪ نیکل توسط سیانکس با غلظت ۵٪ استخراج شدند.	[٦]
آکرگاM5640	کروزن	جدایش دو فلز مس و نیکل به وسیله استریپ انتخابی (درصد استریپ نیکل و مس به ترتیب برابر ۹۸/۳ ٪ و ۲/۱ ٪) امکان پذیر بود.	[۸]
لیکسN۹۸٤	کروزن	مس در pH= ۳/۵ استخراج شد درحالیکه نیکل در pH= ۷/۳ و روی در pH= ۸/۸ همگی با درصد استخراج ۱۰۰٪ بازیابی شدند.	[۹]
لیکسN٦٦٤	کروزن	مس در pH= ۲ (۱۰۰٪) و سپس نیکل در pH=۹ (۱۰۰٪) بازیابی شدند.	[۱۰]

مواد و روش‌ها

نمک‌های آبدار سولفاته مس و نیکل $CuSO_4.5H_2O$ (۹۹/۹۹ ٪) و $NiSO_4.6H_2O$ (>۹۹٪) برای تهیه محلول-های آبی مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه محلول‌های حاوی نیکل و مس با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۲/۲٤ گرم از نمک نیکل و ۱/۹٦ گرم از نمک مس در یک لیتر آب حل شد. از هیدروکلریک اسید برای کاهش pH و از آمونیاک برای افزایش pH سیستم استفاده شد. از دستگاه pH متر با برند Mettler در آزمایش‌ها استفاده شد. از استخراج کننده آلی D2EHPA (دی-۲-اتیل-هگزیل فسفریک اسید) و همچنین از رقیق کننده کروزن برای تمامی تست‌ها استفاده شده است. در این آزمایش‌ها هدف بررسی اثر کربوکسیلات‌هایی نظیر اسید تارتاریک، استات سدیم، و اختلاط آن‌ها بر استخراج حلالی مس و نیکل است. در تهیه محلول‌های آلی و آبی از اینکوباتور برای همزدن در دما، مدت زمان و دور مشخص استفاده شد. در هر آزمایش ٤٠ میلی‌لیتر از محلول آبی با ٤٠ میلی‌لیتر از فاز آلی در یک ارلن بوسیله یک همزن مکانیکی با سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد. سپس حدود ۱۵ دقیقه برای جدایش دو فاز از هم فرصت داده شد.

آزمون‌های استخراج حلالی با تهیه محلول‌های آبی از فلز و یا فلزات موردنظر با انحلال نمک سولفاتی آنها در آب مقطر انجام شد. این تست‌ها با نسبت O/A واحد و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد صورت گرفت. D2EHPA با درصد حجمی ۲۰، در کروزن (رقیق‌کننده) حل شد تا فاز آلی حاصل شود. پس از اختلاط حجم‌های یکسان از فازهای آبی و آلی، مخلوط مذکور در مدت زمان‌های مختلف همزده شد تا به تعادل برسد. سپس چند دقیقه فرصت برای جدایش آنها داده شد. پس از آن دو فاز توسط قیف دکانتور از هم جدا شده و فاز آبی جهت تعیین میزان محتوی فلز توسط دستگاه طیف سنجی جذب اتمی (Unicam 939) مورد آنالیز قرار گرفت.

درصد استخراج، ضریب توزیع و فاکتور جدایش به ترتیب به کمک معادلات (۲)، (۳) و (٤) محاسبه شد:

$$E(\%) = (W_0 - W)/W_0 \times 100 \qquad (۲)$$

$$D = \frac{W0 - W}{W} \times \frac{V_{ag}}{V_{org}} \qquad (۳)$$

$$\beta = \frac{D_{Cu}}{D_{Ni}}$$

که در آن: W_0: محتوی اولیه فلز فاز آبی و W: محتوی فلز فاز آبی پس از انجام فرآیند استخراج است.

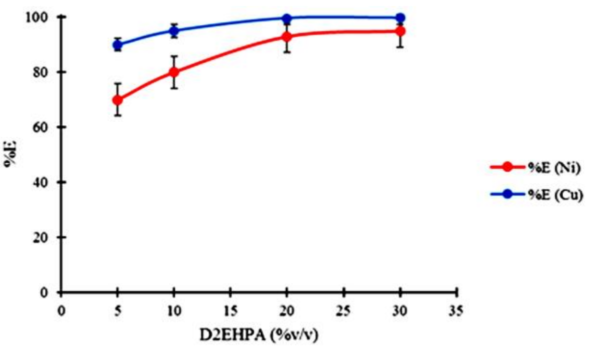
بحث و تحلیل

بررسی تاثیر استات سدیم

تأثیر مدت زمان همزدن. بررسی اثر زمان بر استخراج مس و نیکل با تماس ۰/۵ گرم بر لیتر مس و نیکل با ۲۰٪ D2EHPA حجمی و استات سدیم ۵ گرم بر لیتر در شرایط pH= ۵/۱۲، دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و در زمان-های متفاوت انجام شد. نتایج نشان داد که استخراج هر دو فلز سریع بوده و در زمان ۱۰ دقیقه درصد استخراج به بالای ۹۰ درصد رسیده است. بنابراین برای آزمایش‌های بعدی، زمان همزدن ۱۰ دقیقه انتخاب شد. نتایج مربوط به بررسی‌های سینتیکی در این مقاله آورده نشده است.

تأثیر غلظت استخراج کننده. غلظت استخراج کننده D2EHPA در رقیق کننده معمولا کمتر از ۵ درصد و بیشتر از ۳۰ درصد حجمی در نظر گرفته نمی‌شود و این نسبت بستگی به قدرت جذب یون فلزی حلال آلی دارد[14]. بدیهی است که افزایش غلظت حلال آلی در رقیق‌کننده با افزایش ضریب توزیع همراه خواهد بود. اما باید توجه داشت که قیمت نسبتاً گران حلال‌های آلی محدودیتی را برای استفاده از غلظت‌های بیشتر از ۳۰ درصد حجمی به وجود می‌آورد. از سوی دیگر غلظت بالای استخراج کننده سبب می‌شود تا ویسکوزیته فاز آلی بالا رود و در کنار این مسأله جدایش دو فاز مشکل می‌گردد. طبق شکل (۱) چون درصد استخراج، با غلظت ۲۰ درصد حجمی D2EHPA در

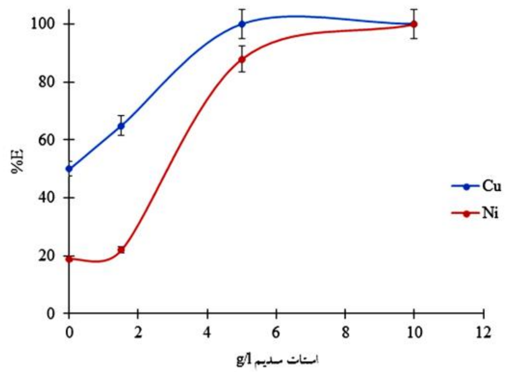
شرایط زمان همزدن ۱۰ دقیقه و غلظت مس و نیکل برابر با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و غلظت استات سدیم ۵ گرم بر لیتر به ۹۳٪ برای نیکل و ۹۹/۶٪ برای مس رسید، این غلظت برای تمامی آزمایش‌ها انتخاب شد.



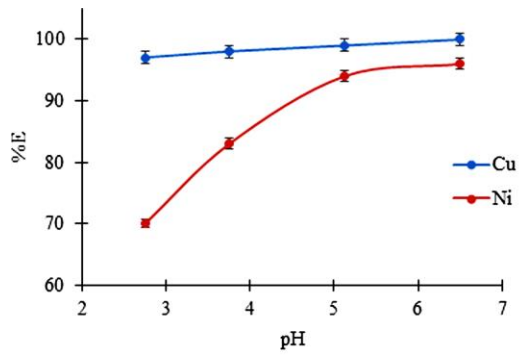
شکل ۱ تأثیر غلظت استخراج کننده بر درصد استخراج مس و نیکل در حضور استات سدیم

تأثیر غلظت استات سدیم. لیگاند آنیونی (کربوکسیلات) یک ساختار مولکولی آب‌گریز- آب‌دوست داشته و بنابراین خاصیت سطح فعال دارد[15] و کمپلکس لیگاند- فلز نسبت به یون فلزی هیدراته تمایل بیشتری به اتصال در فصل مشترک آلی- آبی دارد[12]. به همین دلیل به سرعت با استخراج کننده واکنش می‌دهد و در نتیجه نرخ واکنش افزایش می‌یابد. همانگونه که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود حضور استات سدیم در محلول باعث افزایش بازدهی استخراج هر دو عنصر مس و نیکل به‌صورت چشمگیری می‌شود. در عدم حضور استات سدیم، درصد استخراج پایین بوده ولی با افزودن ۵ گرم بر لیتر استات سدیم، درصد استخراج افزایش می‌یابد.

تأثیر pH فاز آبی. هدف از مطالعه اثر pH در حضور استات، بدست آوردن مقداری است که در آن بیشترین میزان دو فلز استخراج شوند. بازدهی استخراج، استخراج کننده‌های اسیدی نظیر D2EHPA توسط شرایط اسیدی محیط کنترل می‌شود. از این رو تأثیر pH بر بازدهی استخراج مس و نیکل مطالعه شد. اثر pH بستگی به نوع واکنش حل شدن و خواص ذاتی فلز مورد استخراج دارد. نتایج آزمایش‌ها در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با استفاده از استات سدیم ۵ گرم بر لیتر و در زمان ۱۰ دقیقه، pH بهینه که در آن استخراج مس ماکزیمم است، بین ۶/۵-۵ بدست آمد. هدف این تحقیق هم استخراج بهتر مس و هم جدایش آن است. با این که در pHهای پایین جدایش بهتر است ولی نیکل در حدود ۷۰٪ استخراج می‌شود که مقدار بالایی است.



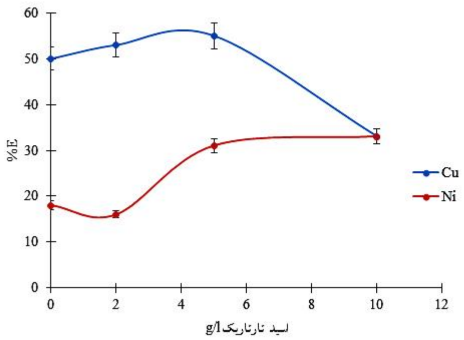
شکل ۲ نمودار درصد استخراج فلزات مس و نیکل بر حسب غلظت استات سدیم با زمان همزدن ۱۰ دقیقه و غلظت ثابت D2EHPA برابر با ۰/۶ مول بر لیتر و غلظت مس و نیکل برابر با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر.



شکل ۳ نمودار درصد استخراج مس و نیکل بر حسب pH با زمان همزدن ۱۰ دقیقه و غلظت ثابت D2EHPA برابر با ۰/۶ مول بر لیتر و غلظت مس و نیکل برابر با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و غلظت استات سدیم ۵۳- ۲ گرم بر لیتر

اسید تارتاریک. شکل (٤) تأثیر غلظت اسید تارتاریک بر درصد استخراج مس و نیکل را نشان می‌دهد. همانطور که

ملاحظه می‌شود، در غلظت‌های بالاتر درصد استخراج مس کاهش و نیکل افزایش یافته و تقریبا به یک حد می‌رسند. این در حالی است که در غلظت‌های پایین‌تر جدایش و استخراج مس بهتر صورت پذیرفته است. این نتیجه نشان می‌دهد، اسید تارتاریک به تنهایی قدرت استخراج و جدایش مس از نیکل را ندارد.



شکل ٤ تأثیر غلظت اسید تارتاریک بر درصد استخراج در طی ۱۰ دقیقه

در جدول (۲) اثر غلظت D2EHPA بر درصد استخراج مس و نیکل در حضور اسید تارتاریک نشان داده شدند. طبق جدول (۲) در غلظت‌های مختلف D2EHPA و در حضور اسید تارتاریک، جدایش مناسبی بین نیکل و مس دیده نمی‌شود. نتایج کلی آزمایش‌ها نشان داد که اسید تارتاریک برای استخراج حلالی و جدایش مس و نیکل مناسب نیست.

اختلاط استات سدیم و اسید تارتاریک. با توجه به اینکه استفاده از ترکیب کربوکسیلات‌ها ممکن است باعث رفتار جدایش مناسبی برای مس و نیکل گردد، بنابراین در آزمایش‌های بعدی از ترکیب اسید تارتاریک و استات سدیم استفاده شد. بررسی‌های انجام شده نشان داد که با افزایش زمان از ۱۰ دقیقه به ۳۰ دقیقه، تغییر چشمگیری در درصد استخراج اتفاق نمی‌افتد. بنابراین برای آزمایش‌های مربوطه زمان ۱۰ دقیقه انتخاب شد و برای بهینه کردن شرایط استخراج، غلظت کربوکسیلات‌ها تغییر داده شد.

جدول ۲ اثر تغییر غلظت D2EHPA با حضور اسید تارتاریک ۵ گرم بر لیتر بر pH جدایش

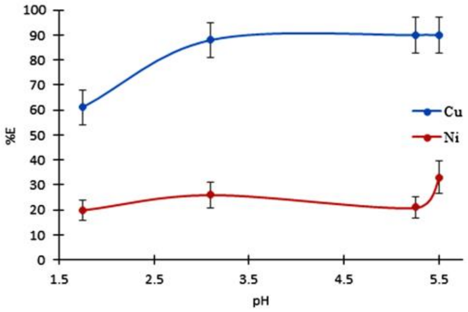
%E	غلظت باقی مانده در فاز آلی	pH جدایش	غلظت D2EHPA (درصد حجمی)	زمان همزدن (دقیقه)
نیکل= ۱۵/٤ مس= ۱۵/۲	نیکل= ٤۲۳ مس= ٤۲٤	۲/۱۸	٪۱۰	۱۰
نیکل= ۳۱ مس= ۵۵	نیکل= ۳٤٦ مس= ۲۲۷	۱/۹٤	٪۲۰	۱۰
نیکل= ۱٦ مس= ۵۳/٤	نیکل= ٤۲۰ مس= ۲۳۳	۲/۱۳	٪۳۰	۱۰

نتایج اختلاط اسید تارتاریک و استات سدیم در جدول (۳) ارائه شده است. این نتایج، انتخابیت استخراج کننده نسبت به مس را نشان می‌دهد. با افزودن ۰/۰٤ گرم استات سدیم و ۰/۰۳ گرم اسید تارتاریک بهترین جدایش مس از نیکل مشاهده می‌شود.

جدول ۳ اثر تغییر غلظت اسید تارتاریک و استات سدیم بر جدایش مس و نیکل (D2EHPA برابر ۳۰ درصد حجمی و pH برابر ۵)

β (فاکتور جدایش)	% E	غلظت اسید تارتاریک (گرم×۰/۰۱)	غلظت استات سدیم (گرم×۰/۰۱)
۱۰/۷۱	نیکل= ۳۳ مس= ۸٤	۲/۵	۲/۵
۱۱/۲۵	نیکل= ۹ مس= ۵۲	٤	۱
۲۹/٦	نیکل= ۵۲ مس= ۹۷	۱	٤
۳٦	نیکل= ۲۰ مس= ۹۰	۳	٤
۷/٦۷	نیکل= ۷٦ مس= ۹٦	۲	۸

تاثیر pH به منظور بررسی اثر pH در استخراج نیکل و مس توسط D2EHPA در حضور استات سدیم و اسید تارتاریک، pH محلول از ۱/۸٦ به ۵/۵۵ افزایش داده شد. همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود با استفاده از ۰/۰٤ گرم استات سدیم و ۰/۰۳ گرم اسید تارتاریک و در زمان ۱۰ دقیقه، با توجه به خطای نشان داده شده در نمودارها، pH بهینه استخراج مس و نیکل بین ۵/۱۲ - ٤/۵ می‌باشد.



شکل ۵ اثر تغییر pH بر درصد استخراج (۰/۰٤ گرم استات سدیم و ۰/۰۳ گرم اسید تارتاریک و در زمان ۱۰ دقیقه)

همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، در pH حدود ۵ حدود ۹۰٪ مس استخراج شده در حالی که تنها ۲۰ درصد نیکل در این pH استخراج شده است.

نتیجه گیری

در این تحقیق اثر D2EHPA به عنوان استخراج کننده به همراه کربوکسیلات‌ها در بازیابی مس و نیکل مورد بررسی قرار گرفت. این مهم با استفاده از D2EHPA ۲۰٪ حجمی، pH اولیه فازآبی ۵/۱۲، نسبت فاز آلی به آبی یک به یک برای استخراج مس و نیکل با غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر امکان پذیر است. برای بهبود استخراج و جدایش این عناصر با استفاده از استخراج کننده D2EHPA، کربوکسیلات‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. در سری اول آزمایش‌ها، اثر استات سدیم با توجه به ایجاد قدرت ااستخراجی (نه انتخابی) بالا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استات سدیم استخراج هر دو فلز را بخوبی افزایش می‌دهد. در این حالت با استفاده از استات سدیم ۵ گرم بر لیتر و در زمان ۱۰ دقیقه و pH بهینه استخراج بین ۵ تا ٦ بیش از ۹۰٪ از هر دو عنصر استخراج می‌شوند. در سری دوم آزمایش‌ها نشان داده شد اسید تارتاریک هیچ توانایی در بهبود استخراج یا جدایش این عناصر ندارد. همچنین، در نتایج سری سوم آزمایش‌ها، یعنی نتایج تاثیر ترکیب دو ماده اسید تارتاریک و استات سدیم بر استخراج حلالی نشان داد که جدایش عناصر مس و نیکل با استفاده از ۰/۰٤ گرم استات سدیم و ۰/۰۳ گرم اسید تارتاریک و در زمان ۱۰ دقیقه و pH بهینه ۵/۱۲ - ٤/۵ امکان‌پذیر است.

مراجع

1. Flett D.S., "Solvent extraction in hydrometallurgy: the role of organophosphorus extractants", *Journal of Organometallic Chemistry*, Vol. 690, pp. 2426-2438, (2005).
2. Flett D., Spink D., "Solvent extraction of non-ferrous metals: A review 1972—1974", *Hydrometallurgy*, Vol. 1, pp. 207-240, (1976).
3. Mackenzie M., "Report: The Solvent Extraction of Some Major Metals an Overview", No. 1, (2001).
4. Gharabaghi M., Irannajad M., Azadmehr A.R., "Separation of nickel and zinc ions in a synthetic acidic solution by solvent extraction using D2EHPA and Cyanex 272", *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, Vol. 49, pp. 233-242, (2013).

5. Reddy B., Sarma P.B., "Transfer of nickel from sodium sulphate solutions to the spent electrolyte through solvent extraction and stripping", *Hydrometallurgy*, Vol. 60, pp. 123-128, (2001).
6. Agrawal A., Manoj M., Kumari S., Bagchi D., Kumar V., Pandey B., "Extractive separation of copper and nickel from copper bleed stream by solvent extraction route", *Minerals Engineering*, Vol. 21, pp. 1126-1130, (2008).
7. Sahu S., Agrawal A., Pandey B., Kumar V., "Recovery of copper, nickel and cobalt from the leach liquor of a sulphide concentrate by solvent extraction", *Minerals engineering*, Vol. 17, pp. 949-951, (2004).
8. Sridhar V., Verma J., Shenoy N.S., "Separation of nickel from copper in ammoniacal/ammonium carbonate solution using ACORGA M5640 by selective stripping", *Minerals Engineering*, Vol. 23, pp. 454-456, (2010).
9. Sridhar V., Verma J., "Recovery of copper, nickel and zinc from sulfate solutions by solvent extraction using LIX 984N", *Journal of Chemestri*y, Vol. 8, pp. S434-S438, (2011).
10. Kumar R., Shah D.J., Tiwari K.K., "Separation of Copper and Nickel by Solvent Extraction Using LIX 664N", *Journal of Environmental Protection*, Vol. 4, pp. 315, (2013).
11. Ren Z., Meng L., Dai Y., "Extraction Equilibria of Copper(II) with D2EHPA in Kerosene from Aqueous Solutions in Acetate Buffer Media", *Journal of Chemical & Engineering Data*, Vol. 52, pp. 438-441, (2007).
12. Van de Voorde I., Pinoy L., Courtijn E., Verpoort F., "Influence of acetate ions and the role of the diluents on the extraction of copper (II), nickel (II), cobalt (II), magnesium (II) and iron (II, III) with different types of extractants", *Hydrometallurgy*, Vol. 78, pp. 92-106, (2005).
13. Simonin J.P., Hendrawan H., Dardoize F., Clodic G., "Study of salt effects on the kinetics of extraction of cobalt(II) and zinc(II) at trace level by D2EHPA in n-dodecane", *Hydrometallurgy*, Vol. 6, pp. 23-38, (2003).
14. Kamran Haghighi H., Moradkhani D., Salarirad M.M., "Separation of Zinc from Manganese, Magnesium, Calcium and Cadmium using Batch Countercurrent Extraction Simulation followed by Scrubbing and Stripping", *Hydrometallurgy*, Vol. 154, pp. 9-16, (2015).
15. Pearson R.H., Pascher I., "The molecular structure of lecithin dihydrate", *Nature*, Vol. 281, pp. 499, (1979).